

## Az amorf kovasav képződése és felhalmozódása a degradált szikes talajokon

VÁMOS REZSŐ

*Tudományegyetem, Növényélettani Intézet, Szeged*

A mésztelen feltalajú szikeseket felszíni rétegük szürkésfehér színe teszi hasonlóvá a meszes szikesekhez. Amíg azonban a meszes szikesek felszínén sziksó, nagyobb részét szóda virágozik ki és ettől származik a rájuk jellemző színhatás, addig a mésztelen feltalajú szikeseken amorf kovasav halmozódik fel. A hazai szikes talajok eme különbözőségeit SZABÓ [21] már száz évvel ezelőtt ismertette.

GEDROIC [8], 'SIGMOND [15] részletesen tanulmányozták a szolonyec típusú szikesek felső szintjének kifakulását. E folyamatot Gedroic szologyosodásnak, 'Sigmond degradációnak nevezi. Mindketten egyaránt hangoztatták, hogy a szologyosodásban az időszakos vízborítással járó anaerob viszonyok fontos szerepet játszanak. 'Sigmond a tiszántúli talajok jellemzésénél megállapítja a kovasav ( $\text{SiO}_2$ ) és alumíniumoxid bőséget, melyek az elmállott szilikátok fő alkotó részei. A sók zöme kénsavas nátrium, melynek képződése szerinte e talajok mocsaras eredetével függ össze.

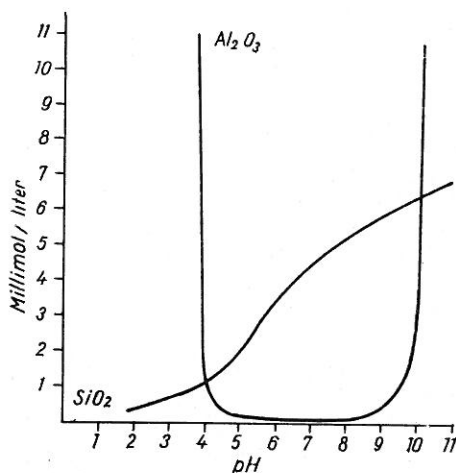
TREITZ [22] a szilikátok mállását szintén a biológiai folyamatok, és pedig szerves savak képződésével hozza összefüggésbe, amelyek a talaj könnyebben málló alkotórészeit elbontják.

SZABOLCS és MÁTÉ [18], SZABOLCS és DARAB [20] a hortobágyi szikes talajokon található amorf kovasavat a szologyosodás folyamatának eredményeként ismertetik. Kimutatták, hogy a szologyosodás folyamatát nemcsak a  $\text{SiO}_2$  magas százaléka, hanem a  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$  egyenértékűsúlyainak aránya is kifejezi, amely ha 2—3-nál nagyobb, GEDROIC [8] szerint a szologyosodás már folyamatban van.

SZABOLCS [17] párhuzamot von a podzolosodás és a szologyosodás között. Megállapítja a morfológiai és képződési viszonyokban fennálló hasonlóságokat, így a kovasav felhalmozódását, a felhalmozódási B szintek képződését, amely mindkét esetben másfélszeres oxidok és finom agyag frakciók felszaporodása stb. Megállapítja a két talajtípus képződési viszonyaiban is fennálló hasonlóságot, amelyek során az időleges túlbőséges nedvesség a talaj ásványos részének mállásához vezet. A további kutatásokhoz szükségesnek tartja a biológiai folyamatok megvilágítását.

MARTIN és WAKSMAN [11] már 1927-ben végeztek a kénsav és a tejsav feltáró hatását igazoló vizsgálatokat. TYURIN [23] szerint a szologyképződésnél keletkező kovasav diatomák tevékenységének eredménye, míg VILJAMSZ [28] szerepet tulajdonít a fűfélékben felszaporodó kovasavnak is. A mikroorganizmusok termékeinek ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  ionok és organikus savak) közvetlen szerepét a kőzetek mállásában FEHÉR [6] is lerögzítette.

A mésztelen feltalajú szikesek talajszelvényének fő jellemzője a szürkés-fehér színű, savanyú kémhatású *A* szint, amelyben a kovasav jelentékenyen felszaporodik. [1, 3, 4, 8, 15, 20, 21] A kovavegyületek mennyiségének megnövekedése a szelvény legfelső rétegében tehát nyilvánvalóan éppen olyan következménye a szelvényt kialakító folyamatoknak, mint a kilúgozódás ténye vagy a sötétszínű akkumulációs *B* szint. Tehát a kovasav-felhalmozódás egy részlete e szikes talajtípust kialakító folyamatnak, amikor nemcsak a szervesanyag válik el az ásványi résztől, és lesz oldható humusszá, hanem a fémszilikát-komplexum is megbomlik [16, 19].



1. ábra

A pH-érték hatása a  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oldhatóságára Correns szerint

A kovasav a felső rétegben marad, míg a másfélszeres oxidok mint kolloidok a mélyebb talajrétegbe vándorolnak. Miután a degradálódás az időszakosan vízzel borított talajokon következik be, a szilikátok feltáródásának folyamatait az időszakosan vízzel borított talajok redukciós-oxidációs folyamatai között kell keresni. Az sem kétséges, hogy a feltáró folyamatoknak a felszíni rétegben kell lezajlania, illetve a feltárást végző vegyületek a felszíni rétegbe képződnek. A szilikátok némelyike már vízben, mások pedig gyenge vagy erősebb savas, illetve lúgos oldatokban oldódnak. A pH-érték hatását a  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oldhatóságára Correns [in 10] vizsgálata szerint az 1. ábra mutatja. A görbék futása alapján a hordalékanyag feltáródásánál, savanyú környezetben a lúgos hatás mellett inkább savi feltárá-

dásra következtethetünk. Lúgos feltáródás esetén az amorf kovasav felszaporodása a meszes-szódás szikeseken sem következne be, mert ott a lúgos viszonyok között feltáródó kovasav kicsapódása elmarad. A konkrét feladatot tehát annak megvilágítása képezte, hogy a szilikátok feltáródása és a kilúgozódás milyen hatásra következett be, illetve mely folyamat vagy folyamatok következménye volt.

A folyamatok részletesebb megismerésére, az egymásba kapcsolódó ok-sági viszonyok megvilágítására laboratóriumi modellkísérleteket és szabadföldi vizsgálatokat végeztünk. A kapott eredményeket az alábbiakban ismertetjük, és ez természetesen nem lehet más, mint alapos munkát végzett szik-kutatóink eddigi idevágó munkáinak összefoglalása és újabb, főként mikro-biológiai vizsgálatokkal történő kiegészítése.

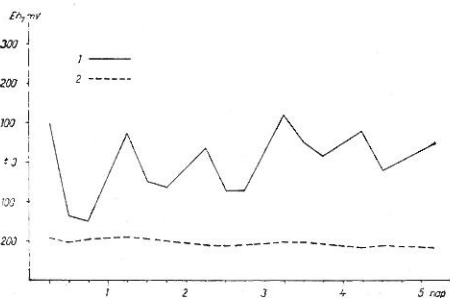
### Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz és kísérletekhez Szarvas, Szentés, de főképpen Hódmező-vásárhely környékén található degradált szikes és réti talajokat használtunk, amelyeket előző munkánkban már ismertettünk [25]. E vizsgálatokhoz a már közölt és általánosan használt módszerektől eltérő eljárást nem alkalmaztunk,

a mikrobiológiai vizsgálatokat a szokott laboratóriumi eljárásokkal hajtottuk végre. E redox-potenciált minden esetben három platina és kalomel elektródával mértük. A modellkísérletekhez üveg és zománcos agyagedényeket használtunk. A baktériumok meghatározása a Bergey-féle határozó kulcs alapján történt [5].

### Eredmények

A rizstermesztéssel részben a hajdani árvizes állapotokat, az időszakos vízborítást állítjuk vissza, amely után a degradáció végbement. A természetes időszakos vízborítások és szikes tavak mellett a rizstáblák talajai mind az árasztás alatt, mind pedig a lecsapolás után, különösen a monokultúrális művelés esetében megfelelő vizsgálati alanyul kínálkoznak [16, 19]. Azonban a mesterséges árasztás körülményei nem minden tekintetben mutatnak azonos-ságot a hajdani természetes állapottal. Így pl. a rizs aratásának idejére a vizet levezetik, a lecsapolással a vízben oldott sók nagyrésze a hajdani vízzel borított talajokkal ellentétben nem marad a rizsföldön, hanem a lecsapoló rendszeren keresztül távozik. Egy másik különbség az, hogy a hajdani tavaszi árvizek idejére a rendszerint legelőül szolgáló terület tömődött talaját már dús vegetáció borította. Ezzel szemben a rizsföldek esetében rendszerint csak május első felében vagy még későbbben, agrotechnikailag kellően előkészített, fellátott, csupasz talajt árasztunk. Amikor a hajdani legelő a tavaszi árvíz következtében víz alá került, a rajta levő növények, nem lévén mocsári növények, képtelenek voltak gyökérzetük oxigén szükségletét biztosítani. Egy darabig küzdtek a gyökérzónában kialakuló levegőtlenességgel, majd amikor a gyökérzónában minden oxigén elfogyott, legnagyobb részben elpusztultak. A gyökérlégzés nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a felszíni talajrétegben anaerob viszonyok alakuljanak. A levegőtlenesség kialakulásában a víz alatti gyökérlégzés mellett természetesen a szervesanyag, a növényi maradványok lebontását végző aerob baktériumok tekintélyes oxigénfogyasztása a főtenyező [25]. A fentebb leírt különbségekkel szemben a rizsnövény gyökérlégzése és elpusztult gyökereinek lebomlása a hajdani folyamatokkal analóg. Erről tanúskodik a 2. ábra, amely a redox viszonyokat mutatja be a rizs (*Dunghan Shali*) gyökérzónájában és növénymentes részén. Amint az ábrából kitűnik, az azonos körülmények között, ugyanazon talaj-, fény- és hőmérsékleti viszonyok mellett nyert eredmények lényeges különbséget mutatnak.



2. ábra

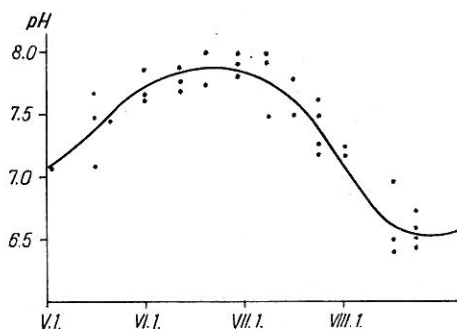
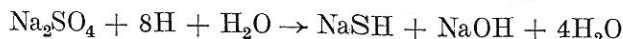
A redox viszonyok alakulása a rizs gyökérzónájában (1) és növénymentes (2) részen elárasztott mésztelen rétitalajon 3 cm mélyen.

Reduktív folyamatok

### Reduktív folyamatok

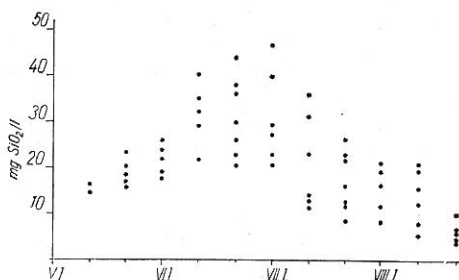
A növényi maradványok anaerob körülmények között végbemenő lebomlása, annak különböző erjedési folyamatai szerves savakat (vajsav, tej-

sav, ecetsav) eredményeznek, amelyeket papírkromatográfiás eljárással mutatunk ki. Az erjedések eredményeképpen képződő produktumok, köztük a hidrogén, energia-forrássul szolgál a reduktív folyamatokhoz. A reduktív folyamatok eredményeképpen először eltűnik a nitrátion [26, 27]. A nitrátok redukciójában nagyszámú baktérium faj vesz részt, s annak eltűnése után megindul a szulfátredukció. A nitrátok jelenléte ugyanis gátolja a szulfátredukciót [27]. A szulfátredukció folyamata az alábbiak szerint foglalható össze:



3. ábra

Az árasztó vizek pH értékének alakulása



4. ábra

A vízben oldott SiO<sub>2</sub> növekedése az árasztás után

A redukció tehát helyenként, ahol az erjedés lezajlik, lúgos környezetet teremt. A pH-érték növekedéséhez hozzájárul a fehérje anyagok bomlása révén képződő ammónia. Megfigyeltük, hogy a pH-érték

modellkísérleteknél általában magasabb (pH-7, 8—8,2), míg a természetben alacsonyabb (pH-7,5—8,0). Előfordult azonban, hogy a természetes szikes tavakban átmenetileg a pH-érték 8,5 fölé emelkedett. Így pl. az algyői tóban pH-9,0-et mértünk. Ezt az állapotot azonban hosszú ideig tartó szárazság és meleg időjárás előzte meg, amely körülmény a bőséges szervesanyag tartalommal rendelkező tóban a szulfátredukciót elősegítette. A rizsföldek vize pH-értékének eddigi vizsgálata szintén azt mutatta, hogy a meleg időjárás és a talaj kötöttsége és szervesanyag bősége elősegíti a pH-érték növekedését. Az árasztóvizek pH-értékének változásáról a 3. ábra tájékoztat. A pH-érték növekedésével az oldott SiO<sub>2</sub> mennyisége is növekszik (4. ábra). A rizsnövény az oldódó kovasav egy részét felveszi. OKAMOTO [13] szerint a Si a rizs számára nélkülözhetetlen elem. Vizsgálataink szerint a tisztántúli rizs a szárazanyagra vonatkoztatva kb. 11—14% SiO<sub>2</sub>-t tartalmaz. Tehát évenként kb. 150—180 kg oldható kovasav kerül le a rizsföldekről kat. holdra számítva.



5. ábra

A redukált iszapot 1—2 mm vastag oxidált iszapréteg tartja

A szulfátredukció eredményeképpen képződő aktív Na ionok szódaképződés nélkül cserélhetik ki az ad-

szorpciós komplexumból a kalciumot, míg a hidroszulfid-ion kénhidrogénné alakul, és a talaj vas-ionjaival vasszulfidot képez. Az 1—2 cm-es vasszulfidos réteg közvetlenül a felszín alatt található és 1—2 mm vastag oxidálódott iszapréteg takarja (5. ábra). A redukált iszapréteg vastagsága a szervesanyag mennyiségétől és elhelyezkedésétől függ. Méréseink szerint mocsarakban és eliszaposodott holtágakban elérheti a 15—20 cm-t (Szeged Gyálai holtág).

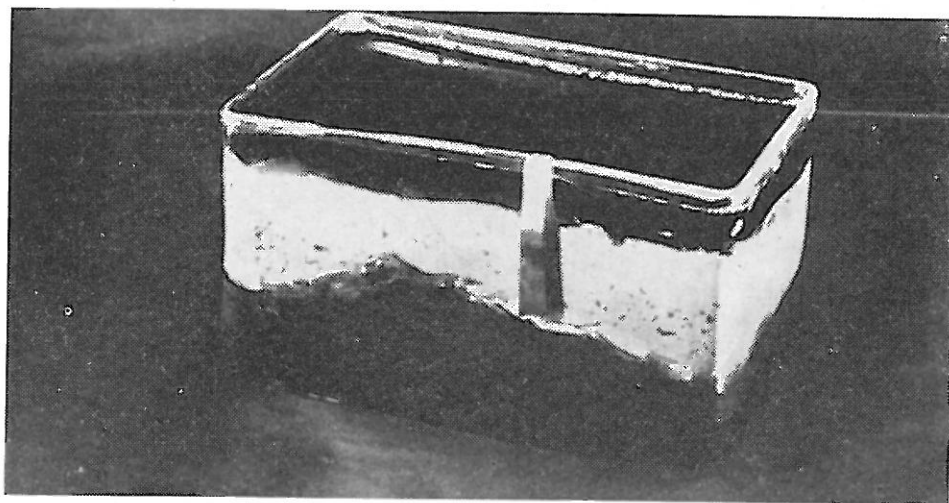
A különböző mélységekből vett talajmintákban talált  $\text{--S}$  mennyiségéről az 1. táblázat tájékoztat.

1. táblázat

A szulfid mennyiségi változása a rizstalajokban az árasztás alatt

Mélység cm	$\text{--S}$ mg/100 g			
	Kopáncs Faié 1955	Kopáncs Ókröstő 1955	Geneshát 1958 Korcsmáros- tanya	Geneshát Áll. gazd. 1958
0—5	6,2	7,7	4,6	5,4
10—15	0,5	2,1	0,4	1,0
20—25	nyom	0,5	nyom	nyom

Vasszulfid képződését állapítottuk meg az ún. iszapboltozatok belső felszínén is. Az iszapban a boltozódások úgy jönnek létre, hogy a szervesanyag-bomlás gáztermékei felemelik a felettük levő, rendszerint növényi gyökerektől összetartott talajréteget és az így létrejövő boltozat belső felszínét vasszulfid vonja be. A boltozatok vizében a kénhidrogén jelenlétét és a szulfidtartalmú redukált iszapréteg vastagságát ólomacetát papírral, illetve ezüst lemezekkel mutattuk ki. Ezt a jelenséget modellkísérletek mellett szabadföldi megfigyelésekkel is részletesen tanulmányoztuk (6. ábra).



6. ábra

Modell kísérlet a szulfidreakció tanulmányozására. Felül meszes, alul savanyú szikes talaj, közöttük erjedő gyapot

Megállapítottuk, hogy a vasszulfid nagyobb mennyiségben a mésztelen feltalajú szikesek feltalajában és a savanyú réti talajban képződik. Amikor a modellkísérletek során a hidrogénforrásul szolgáló gyapotot savanyú réti talaj (Vajhát) és meszes szikes talaj (Soltszentimre) közé helyeztük, vasszulfid csak a réti talaj és a cellulóze érintkezésénél képződött. A felső meszes szikes talajnál a gyapot narancssárga színű lett attól a pigmenttől, amelyet a *Clostridium dissolvens*-vajsavas erjesztő baktérium termelt. Vasszulfid a felső, meszes szikes talaj oldalán nem képződött. A vasszulfid fokozottabb felszaporodását állapítottuk meg a rizsgyökerek mellett. A szulfid mennyisége azonban nem egyforma, a talajadottságok mellett mennyiségi változásának egyik fő tényezője az időjárás.

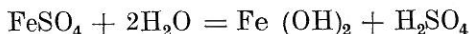
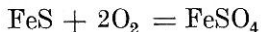
Évek tapasztalatai azt mutatták, hogy a napfény mennyisége kihat a rizstáblák talajában a gyökerek mentén levő szulfid mennyiségének alakulására. Így pl. megfigyeltük, hogy 1956 júliusában, amikor sok volt a napfény, a Hódmezővásárhely környéki rizsföldek talajában semmi, illetve minimális mennyiségű (0,5—1,5 mg/100 g) vasszulfidot találtunk, míg 1955-ben és 1959-ben ugyanezek a talajokon már jelentékeny mennyiséget, 5—21 mg/100 g mutattunk ki. Az erőteljes szulfátredukció eredményeként a szulfát a vízben minimálisra csökkenhet, vagy el is tűnhet [1, 7, 26].

#### *Oxidációs folyamatok*

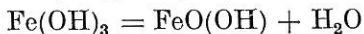
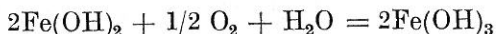
Az amorf kovasav képződése, a szilikát-feltáródás szempontjából a vasszulfid további átalakulása érdekel bennünket közelebbről. Ama változás hatása, amely akkor jelentkezik, amikor az anaerob viszonyokat levegős körülmények váltják fel. Megállapítottuk, hogy a vasszulfid levegős körülmények között gyakran már 10—12 óra alatt kénsavvá és vasoxid-hidroxiddá oxidálódik, míg ugyanez a folyamat szabadföldön a beszáradástól függően hosszú időt vehet igénybe.

A rizstarló leszántásakor a már visszahajlott boltozatokat rozsdavörös színű 2—3 mm vastag nagyjából vízszintes gyakran 10—12 cm hosszú limonit rétegek jelzik. Ugyancsak limonit kiválás észlelhető a rizsgyökerek mentén is. A vas egyenlőtlen elhelyezkedése megnehezíti a mennyiségi összehasonlító vizsgálatokat. Ezért a vas ( $\text{Fe}^{+++}$ ) mennyisége vizsgálataink szerint széles skálában változott 0,27—4,71% között.

A vasszulfid oxidáció menete:



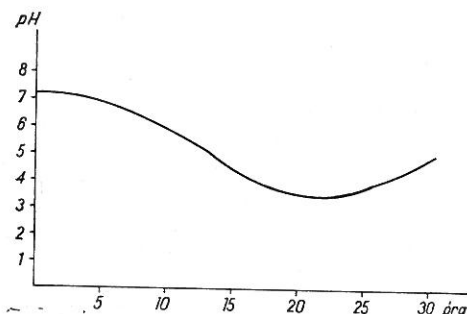
A nyálkás ferrohidroxid képződését jellemző zöldessárga színe alapján szabadföldi vizsgálataink és minta-vételeink alkalmával február és március hónapban is észleltük. A ferrohidroxid tovább oxidálódik.



A kénsav képződésének eredményeképpen a vasszulfidos zónában a pH-érték az anaerob-aerob viszonyok változásának idején rendkívül alacsonyra száll. Amint a 7. ábrából is kitűnik, a pH-érték ilyenkor átmenetileg 3,6—3,8-ra süllyedhet.



Az iszaphból a vízrétegbe kerülő  $H_2S$  oxidációja azonban már azelőtt megkezdődik, mielőtt az iszapban aerob viszonyok alakulnának. Az oxidáció biológiai úton történik, bár a  $H_2S$ , ha a víz oxigént tartalmaz, precipitált kénként oxidálódik. Ezt a reakciót azonban vontatottsága miatt a biológiai oxidáció megelőzheti. A leggyakoribb kénbaktériumok, amelyeket eddigi vizsgálataink során tioszulfát tartalmú szilárd és folyékony táptalajok segítségével a holt-



7. ábra

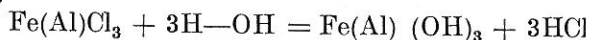
A pH érték változás szulfidos zónában az anaerob — aerob változás idején

tériumok tevékenysége, általában a vízréteg savanyodása kihat a már oldott  $SiO_2$  további sorsára; ugyanis az intenzív szervesanyag bomlás,  $CO_2$  és szerves savak képződése az oldott  $SiO_2$  kiválását elősegíti.

A kénsav mint erős ásványi sav, képződésének zónájában, ha karbonátok nincsenek jelen, megtámadhatja a környezetében levő ásványokat, amelyek kénsavban oldódnak. Az ún. nehéz ásványokra (cirkon, hipersztén, amfibol, turmalin) a kénsav hatástalan [10]. Kémiai málláskor először rendszerint az alkáli szilikátok oldódnak [10]. A feltáródás eredményeképpen a kovasav mellett agyagásványok és szulfátok képződnek. Az agyagásványokat a kénsav tovább támadhatja. A savanyú környezetben a feltáródó kovasav azonnal kiválik. A képződő kolloidok a talaj kiszáradásakor összecementezik az amorf és még fel nem tárt alkotórészeket. Néhány tanulmányozott talaj 5% KOH-ban oldódó  $SiO_2$  tartalmáról a 2. táblázat tájékoztat. Ebből kitűnik, hogy a gyökérszóna, ahol oxidációs-redukciós folyamatok erőteljesebbek voltak, több  $SiO_2$ -t tartalmaz, mint az alatta levő rétegek.

A rizsföldeken, azokon a foltokon, ahol a talaj szerves anyagtartalma magasabb, az erőteljes redox folyamatok következtében a felvehető kovasav mennyisége növekszik. Ott a rizs megjelenése merevebb ún. „sásszerű”, s a szárazanyag százalékában kifejezett  $SiO_2$  tartalma magasabb (14—16%), mint máshol (9—11%). Kedvezőtlen időjárás, tartós borult idő esetén e foltokon a barnulás betegség elkerülhetetlenül megjelenik.

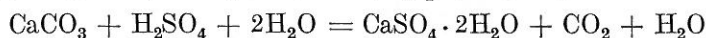
Azokat a talajokat, ahol a fentebb ismertetett oxidációs-redukciós folyamatok erőteljesek, magas (9,8—18,2 ml) kicserélhető aciditás jellemzi [24,25]. Ez a tény összefüggésbe hozható az ásványok és agyagásványok fentebb ismertetett szétesése folytán képződő  $Al^{+++}$  és  $Fe^{+++}$  ionokkal, amelyeket a káliumklorid az oldatból kicserél. A képződő vas- és alumíniumklorid a vízben azután hidrolizál:



2. táblázat  
5% KOH-ban oldódó SiO<sub>2</sub>

A mintavétel helye	Talajnem, művelési mód	Szint cm		
		0—5	20—25	35—40
		SiO <sub>2</sub> %		
Pankota I.	szikes, legelő	2,52	1,52	—
„ II.		2,42	1,50	—
Cserebökény I.	szikes, rizsföld	3,02	2,38	2,00
„ II.		2,18	1,90	1,12
Kopáncs I.	szikes, rizsföld	2,08	1,14	1,54
„ II.		2,28	1,45	0,80
Szarvas	réti talaj, rizsföld	0,90	0,74	0,65

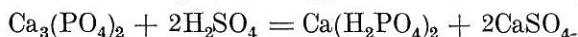
A kénsav természetesen nemcsak a szilikátokat, hanem a redukciós zónában levő más ásványokat is feloldja, vagy átalakítja. Legkevesbé ellenálló a kalcium karbonát, amely kénsavval gipszszé alakul.



E reakció eredményeként képződnek a gipszerek és a meszes altalaj legfelső zónájában levő gipszkristályok, amelyek 1 cm nagyságúra is megnőnek.

E folyamat további, ásványtani szempontból is érdekes tanulmányozásra kiválónak látszik a ANTIPOV-KARATAJEV és KADER [2] által kalcium izotópokat alkalmazó metodika.

Jelentékeny szerepe lehet a kénsavnak a kalciumfoszfát feltárásában, amely nem más, mint a szuperfoszfát-gyártás közismert folyamata.



Ezzel összefüggésben megjegyzendő, hogy azokon a rizstáblákon, ahol a fenti redox-folyamatok erőteljesek, a felvehető foszfortartalom általában magasabb, mint máshol [24].

Vizsgálatokat végeztünk a feltalaj (0—5 cm) felvehető foszfor mennyiségének megállapítására árasztás alatt és lecsapolás után. A kapott eredményeket a 3. táblázat mutatja. Amint a táblázatból kitűnik, a felvehető foszfor mennyisége levegős körülmények között megnövekedik. SCHÖNFELD [14] szerint a növények foszfor felvétele összefügg az oldható kovasav mennyiségével. Schönfeld véleménye szerint ez a jelenség azonban adszorpcióval teljesen nem magyarázható. A SiO<sub>2</sub> és a H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-ion mennyiségének egyidejű növekedése szerintünk összefügg a fentebb ismertetett feltáró hatásokkal. Ez a megállapítás megvilágíthatja ama termelési tapasztalatainkat, hogy a rizsföldeken alkalmazott foszfor-műtrágyák miért érvényesülnek jobban az alkalmazást követő évben.

Az ásványok elbontásában más savak is résztvehetnek. Ezek között szinte állandó hatással a szénsav áll az első helyen. Azonkívül a nitrifikáló baktériumok által termelt salétromsav okozta kémiai mállás helyenként szintén



tekintélyes lehet. Természetesen nehéz annak pontos meghatározása, hogy a különböző savak milyen arányban vesznek részt ezekben a folyamatokban. A feltárást okozó savak termelésében sokféle mikroorganizmus vehet részt. Ebből a szempontból külön foglalkoznunk kell a kovamoszatok (Diatomák) szerepével. Ezek a vízben élő algák mint aerob szervezetek a vízben oldott kavasavat pektinvázukba építik. Bár légcseréjük eredményeként szénsavat termelnek, s nem valószínű, hogy ezzel a szilikátok feltárásában tevékenyen

3. táblázat

A fe lvehető P mennyisége Egnér szerint az erősebben (A) és gyengébben (B) redukív rizstalajokban árasztás alatt (a) és lecsapolás után (b) 1955–1956

Telep	A		B	
	a	b	a	b
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g				
1955. Kopáncsi Á. G.				
Palái ü. e.	3,1	13,1	1,5	7,4
Farkirét	5,2	15,4	1,8	10,1
Gencshát	1,5	14,6	2,7	6,0
Ökröstó	6,8	17,0	4,1	13,4
1956				
Palé	5,6	7,2	5,0	9,4
Gencshát	2,4	9,3	3,1	5,8
Ökröstó	—	10,2	—	11,2

résztvennének. Elszaporodásuk csak kedvező körülmények között a vízrétegben és nem a talajban következik be, főképpen akkor, ha a vízben jelentékeny mennyiségű oldott kovasav van. A víz alól vett talajban inkább csak kovaváz töredékek találhatók.

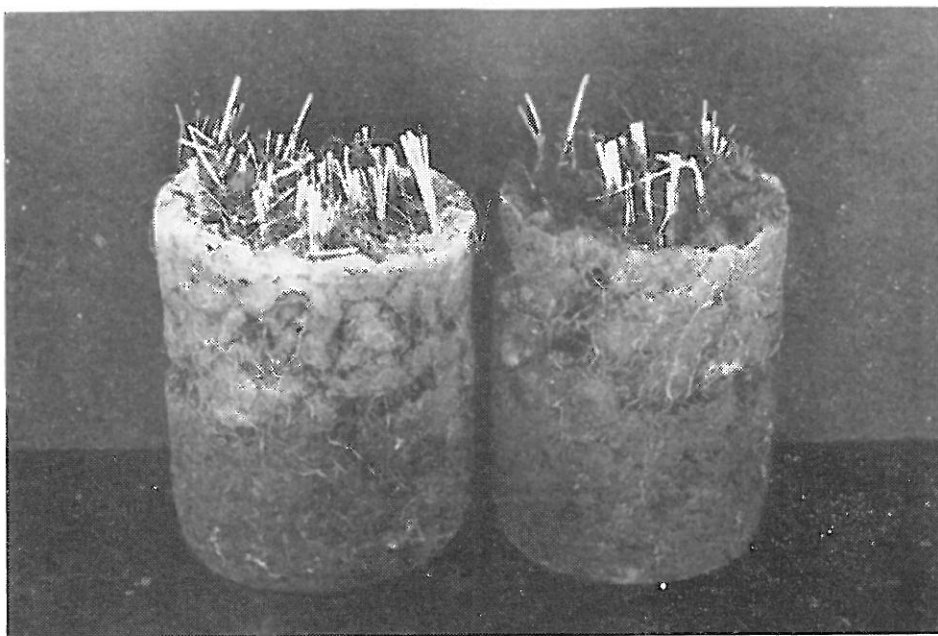
A víz beszáradásakor a talaj felszíni rétegében az el nem bontott szervesanyag mennyisége jelentékenyen megnövekszik. Ugyanis a vízben élő algák és más mikroszkopikus állatok és növények teteme, valamint a lebegő szerves kolloidok a talaj felszíni rétegére ülepednek. A felszíni rétegben levő szervesanyag aerob baktériumos és gombás lebomlása különféle savtermeléssel jár. Az ezúton képződött savaknak szintén figyelembe veendő szerep juthat az ott levő ásványos alkotórészek mállásában.

A mikroorganizmusok termelte savak mellett KELLER [10] és GRAHAM [9] fontos szerepet tulajdonít a mállás folyamatában a savanyú agyagoknak, amelyek jelentékeny kicserélhető H-ionnal rendelkeznek. Az agyag az elsődleges szilikát részecskéket bevonja és az a H-ionok állandó erőteljes támadása következtében lassan elmállik. Miután a mállás közben keletkezett alkotórészek eltávoznak, a mállás előrehaladottabb állapotában levő üledékek bázishiányt mutatnak [4].

A rizsföldek lecsapolásakor a vízben oldott állapotban levő kovasav nagy része eltávozik. A tábla mélyebben fekvő részein és a csatornáknál azonban a beszáradás után jelentékeny mennyiségű amorf kovasav marad. A 8. ábra két tenyészedényben beszáradt és onnan kiemelt talajhengert ábrázol. A tenyészedényekben rizkísérletek folytak. A baloldali esetében az árasztóvizet nem öntöttük le, ezért a víz elpárolgása után a talaj felszínén több kovasav maradt, és ezért világosabb színű, mint a jobboldali, amelyről a vizet leöntöttük.

### Értékelés

A szology és a podzol talajok között Szabolcs által megvont párhuzam helyesnek látszik. A talajképződés hasonló körülményei sok tekintetben meg-egyező tulajdonságokat eredményeznek. Ezek között a jelen szempontból az első helyen áll az amorf kovasav képződése és felhalmozódása. Azonban míg a szolonyec és szology talajok esetében ez a folyamat főképpen a kén folyamatos ismétlődő anaerob-aerob mikrobiológiai körfolyamatának eredménye, addig a podzol talajoknál ezt az eredményt főként a túlevelű erdők avartaka-



8. ábra

Árasztóvízzel (balról) és anélkül (jobbról) beszáradt talajok. A világosabb szín a beszár-  
adó  $\text{SiO}_2$ -től ered

rójának gombás lebontása és időszakosan túl nedvesedett állapota eredményezi, reduktív folyamatok nélkül. Ezért a podzol talajok hegyoldalban is kialakul-  
hattak, pangó vizek anaerobiozisa nélkül.

Miután a szilícium és a mész oldódása és kiválása a pH-érték változással függ össze, érthető, hogy a szology talajok esetében a szilícium a savanyú fel-  
talajban, a mész pedig a lúgos altalajban halmozódik fel. A savak feltárják az egyes szilikátokat, de ugyanakkor a feltáródó  $\text{SiO}_2$  a savanyú környezetben ki-  
csapódik és helyszínen marad. Amikor a következő vízborítás alatt a fehérje  
bomlás és szulfátreakció következtében a pH-érték átmenetileg növekszik, a  
kovasav egy hányada ismét oldatba mehet.

## Ö s s z e f o g l a l á s

A mésztelen szikes, valamint a degradált talajok felszíni rétegében amorf kovasav nagy mennyiségben található [15, 16, 17]. Ez a kovasav bőség gyakran a *B* szintre is áttérjed és képződésével, valamint felszaporodásával kapcsolatban még néhány vitatott kérdés áll fenn. Ennek fő oka az, hogy a szikesedésben, mint minden talajtani folyamatban, a mikrobiológiai tevékenységet, amelyekre már SIGMOND is felhívta a figyelmet, nem tanulmányoztuk olyan mértékben, mint amennyire szükséges lett volna. Ilyen probléma maga az a kérdés, hogy milyen mikrobiológiai tevékenység eredményezte az amorf kovasav felszaporodását, s az milyen összefüggésben áll a kilúgozódással.

Az időszakosan vízzel borított talajok tanulmányozása az alábbi eredményekhez vezetett. A vízborítás után főképpen a szervesanyag tartalomtól és a hőmérséklettől függően élénk aerob mikrobiológiai tevékenység kezdődik, amely végül aerob körülményeket teremt. Az ezt követő reduktív folyamatok eredményeként a talaj felsőrétegében vasszulfid képződik amely, ha ismét levegős körülmények következnek be, oxidálódik és kénsav képződik. Az anaerob-aerob változás idején a szulfidos zónában a pH-érték rendkívül alacsonyra száll (3. ábra).

Ez az erős ásványi sav, ha karbonátok nincsenek jelen, megtámadja a környezetében levő ásványi hordalékanyagot, és jelentős szerepet visz a felszíni réteg kilúgozódásában. E folyamatban természetesen más savak, így a nitrifikáció termelte salétromsav, sőt a savanyú agyag maga is résztvesz. Az egyes savak feltáró hatásának felmérése nehéz feladat.

A feltáródás eredményeként képződő  $\text{SiO}_2$  a savanyú környezetben kiválik és az idő függvényében felszaporodik. A következő vízborítás alatt, amikor a víz pH-értéke főképpen az ammonifikáció és a szulfátredukciónak eredményeként növekszik, a kovasav oldatba mehet. Az oldott kovasavat a vízben élő élőlények szervezetük építésére hasznosíthatják. Ezért az oldható kovasav bőségében a vízben kovamoszatok, diatomák szaporodnak el. Elszaporodásuk azonban úgy látszik, hogy csak a feltáró folyamatok következménye, mivel ezek az aerob vízi mikroorganizmusok csak a már feltárt, vízben oldott kovasavat hasznosítják, a talaj ásványos részeinek feltárásában alárendelt szerepük lehet.

A szology-képződés kérdésében fenti eredményeink alátámasztják MÁTÉ [12] ama megállapítását, amely szerint a szolonyecedéshez nem szükséges, hogy megelőzze a szoloncsák stádium.

*Érkezett: 1960. július 1.*

## I r o d a l o m

- [1.] ANTIPOV-KARATAJEV, I. N.: Szolonyec-talajok megjavításával kapcsolatos fizikai, kémiai vizsgálatok. *Agrokémia és Talajtan.* 9. 163—178. 1960.
- [2.] ANTIPOV-KARATAJEV, I. N. & KADER, G. M.: Untersuchungen der Austauschreaktionen im Boden mit Hilfe des Kalziumisotop ( $\text{Ca}^{45}$ ). *Verhandlungen der II. und IV. Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft* 2. 225—229. 1958.
- [3.] ANTIPOV-KARATAJEV, I. N.: Szolonyeczek meliorációja a Szovjetunióban. Szovjet Tud. Akad. Moszkva—Leningrád. 1953.
- [4.] ARANY, S.: A talajszelvény egy sajátos kialakulásáról. *Agrokémia és Talajtan.* 3. 329—342. 1954.

- [5.] BERGEY's Manual of Determinative Bacteriology. Williams & Wilkins. Baltimore 1948.
- [6.] FEHÉR, D.: Talajbiológia. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1954.
- [7.] FILEP, Gy.: Öntözővizek gyors vizsgálata és minősítése. Agrokémia és Talajtan. **7.** 65—74. 1958.
- [8.] GEDROIC, K. K.: A talajok szologyosodása. Akad. Nauk. Novinszk. 1926.
- [9.] GRAHAM, E. R.: Acid clay an agent in chemical weathering. *J. Geology*. **49.** 392—401. 1941.
- [10.] KELLER, W. D.: The Principles of Chemical Weathering. Lucas Brothers. Missouri. 1957.
- [11.] MARTIN, J. P. & WAKSMAN, S. A.: Influence of microorganisms on soil aggregation and erosion. *Soil Sci.* **50.** 29—47. 1940.
- [12.] MÁTÉ, F.: Adatok tiszántúli réti talajainak genetikájához. Agrokémia és Talajtan. **4.** 133—146. 1955.
- [13.] OKAMOTO, J.: Physiological studies of the effects of silicic acid upon rice plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*. **25.** 219—221. 1957.
- [14.] SCHÖNFELD, S.: A foszforsav trágyák érvényesüléséről. Agrokémia. **2.** (7—12) 323—342. 1950.
- [15.] SIGMOND, E.: A hazai szikesek és megjavítási módjuk. MTA kiadása Budapest. 1923.
- [16.] SZABOLCS, I.: Öntözött talajaink degradációja (szologyosodása). MTA. Agrártud. Oszt. Közl. **8.** 425—438. 1956.
- [17.] SZABOLCS, I.: Tiszántúli szikes talajaink szologyosodása (degradációja). Agrokémia és Talajtan. **3.** 361—368. 1954.
- [18.] SZABOLCS, I. & MÁTÉ, F.: A hortobágyi szikes talajok genetikájának kérdéséhez. Agrokémia és Talajtan. **9.** 31—38. 1955.
- [19.] SZABOLCS, I.: Die Degradierung der Bewässerten Reishöden in Ungarn. *Chemie der Erde*. **20.** 36—48. 1959.
- [20.] SZABOLCS, I. & DARAB, K.: Accumulation and dynamism of silicic acid in irrigated alkali („szik”) soils. *Acta Agron. Hung.* **8.** 213—235. 1958.
- [21.] SZABÓ, J.: Geológiai viszonyok és talajnemek ismertetése. Békés és Csanád megye. Magyar Gazdasági Egyesület. Pest. 1861.
- [22.] TREITZ, P.: Sósöfödek a Nagyalföldön. *Földtani Közl.* **38.** 1—2. 1908.
- [23.] TYURIN, I.: A kavasav biológiai felhalmozódása a talajban. A szovjet talajtan problémái. Moszkva. 1937.
- [24.] VÁMOS, R.: Microbiological processes in limeless alkali soils. *Acta Biol. Szeged.* **1.** 113—124. 1955.
- [25.] VÁMOS, R.: Brusone disease in Hungary. *Plant and Soil*. **11.** 65—77. 1959.
- [26.] VÁMOS, R.: Chemical examinations of flooded water of the rice fields. *Nature*. **180.** 1484. 1957.
- [27.] VÁMOS, R.: A kénhidrogén képződésének akadályozása az elárasztott talajokban. Agrokémia és Talajtan. **8.** 321. 330. 1959.
- [28.] VILJAMSZ, V. R.: Talajtan. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1950.

#### ОБРАЗОВАНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ АМОРФНОЙ КРЕМНЕКИСЛОТЫ В ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ

Р. Вамош

Институт физиологии растений Университета гор. Сегед (Венгрия)

#### Резюме

В поверхностных слоях бескарбонатных засоленных, а также деградированных почв, аморфная кремневая кислота встречается в большом количестве [15, 16, 17]. Избыток аморфной кремнекислоты часто переходит и в горизонт В. В образовании и накоплении ее имеются некоторые спорные вопросы. Главная причина этого заключается в том, что в процессе засоления, как и во всяком почвенном процессе, микробиологическая деятельность, на которую указывал еще Зигмонд, не изучалась в достаточной степени. Спорным является вопрос, в результате какой микробиологической деятельности накапливается аморфная кремнекислота и в каком взаимоотношении находится этот процесс с процессом выщелачивания.

Изучение почв, временно покрытых водой, дало нижеследующие результаты. После условий временного избыточного увлажнения, в зависимости, главным образом, от содержания органического вещества и температуры, начинается интенсивная анаэробная микробиологическая деятельность, которая в конце концов приводит к созданию аэробных условий. В результате последующего процесса, главным образом восстановления сульфатов в поверхностных слоях почвы, образуется сульфид железа, который при доступе воздуха окисляется и образуется серная кислота. Во время изменения анаэробно-аэробного условия в сульфидной зоне значение pH чрезвычайно снижается (рисунок 3). В отсутствие карбонатов, эта сильная минеральная кислота разрушает минеральные вещества и играет значительную роль в процессе выщелачивания поверхностных слоев почвы. В следующем влажном периоде образующиеся в результате разрушения соли, главным образом сульфаты, переходят в более глубокие слои. Бесспорно в этом процессе и другие кислоты, как азотная кислота, образующаяся в процессе нитрификации, так и сама кислая глина, играют большое значение. Оценить действие отдельных разрушающих кислот в естественных условиях очень трудно.

Образованная в результате разрушения  $\text{SiO}_2$  в кислой среде выпадает и со временем накапливается. В следующий период избыточного увлажнения, когда значение pH воды, в результате, главным образом, процессов аммонификации и восстановления сульфатов, увеличивается, кремневая кислота может переходить в раствор. Растворенную кремневую кислоту, микроорганизмы, живущие в воде, используют для построения своих организмов. В избытке растворенной кремнекислоты размножаются кремневые и диатомовые водоросли. Размножение их повидимому связано с процессом разрушения, т. к. они являются аэробными водными организмами и могут использовать только кремневую кислоту, растворенную в воде, в разрушении минеральных частиц почвы они играют второстепенную роль.

В вопросе образования солодей наши вышеизложенные результаты подтверждают высказывания Матэ [12] о том, что стадия солончака не обязательно должна предшествовать процессу осолонцевания.

Рис. 1. Влияние pH на растворимость  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  по Корренс.

Рис. 2. Отношение окислительно-восстановительных процессов в зоне корневых систем риса и между растениями на глубине 3х см, при заливании растений водой, на бескарбонатной луговой почве.

Рис. 3. Изменение значений pH поливной водой.

Рис. 4. Повышение содержания воднорастворимого  $\text{SiO}_2$  после залива риса водой.

Рис. 5. Восстановленный ил, покрытый окисленным илом, толщиной 1—2 мм

Рис. 6. Модельный опыт для изучения восстановления сульфатов. Наверху карбонатная, внизу кислая засоленная почва, а между ними хлопок.

Рис. 7. Изменение pH в зоне сульфатов во время перехода процессов анаэроб → аэроб.

Рис. 8. Внешний вид поверхности почвы после залива (слева) и без него (справа). Светлый цвет обусловлен сухим  $\text{SiO}_2$ .

Табл. 1. Изменение количества  $\text{S}^{--}$  на рисовых полях, на глубине от 0—25 см на 4-х опытных делянках, во время залива.

Табл. 2.  $\text{SiO}_2$  растворимый в 5% кон.

Табл. 3. Количество усвояемого фосфора во время залива (а) и после залива (в) на почвах более редутивных (А) и менее редутивных (В).

## Formation et accumulation de la silice amorphe dans les sols alcalis dégradés

R. VÁMOS

Institut de physiologie végétale de l'Université, Szeged (Hongrie)

### Résumé

La couche superficielle des sols à alcalis exempts de carbonate de calcium ainsi que celle des sols dégradés renferme une quantité notable de silice amorphe (15, 16, 17). Cette richesse en silice se communique souvent aussi à l'horizon B. Concernant sa formation et son accumulation il y a encore certaines questions soumises à la discussion. La cause

principale en est qu'on n'a pas encore étudié suffisamment l'activité microbiologique se manifestant dans la formation des sols à l'alcalis, ainsi qu'au cours de tous les phénomènes, à laquelle déjà Sigmond a attiré notre attention. Un tel problème est déjà posé par la question quelle est l'activité qui mène à l'accumulation de la silice amorphe et quel est son rapport avec le lessivage.

Notre étude des sols recouverts par l'eau périodiquement a mené aux résultats suivants. Après la submersion une activité microbiologique aérobie vive prend naissance qui produit à la fin des circonstances anaérobies. La réduction des sulfates qui en suit produit du sulfure de fer dans la couche supérieure du sol, qui s'oxyde, si ensuite des circonstances aérobiques se produisent, et il se forme de l'acide sulfurique. Pendant la période d'anaérobie-aérobie le pH baisse considérablement dans la zone aux sulfures (fig. 3).

Cet acide minéral fort, s'il n'y a pas de carbonates présents, attaque le sédiment minéral du milieu et joue un rôle considérable dans l'éluviation de la couche superficielle. Dans la période humide suivante les sels et surtout les sulfates, formés par l'attaque de l'acide, migrent dans les couches plus profondes. Dans ce procédé prennent part aussi d'autres acides, notamment l'acide nitrique produit par la nitrification et aussi l'argile elle-même. Dans les conditions naturelles il serait bien difficile d'estimer l'effet dissolvant des divers acides.

La silice libérée par les acides se précipite dans le milieu acidulé et s'y accumule en fonction du temps. Pendant la submersion suivante, lorsque le pH de l'eau s'élève par suite de l'effet de l'ammonification et de la réduction des sulfates, la silice peut bien se dissoudre. Les êtres vivants dans l'eau peuvent se servir de la silice dissoute pour la formation de leur organisme. Par conséquent dans l'eau enrichie en silice soluble les Diatomées se multiplient. Mais il semble que leur pollution n'est que la conséquence des procédés d'altération, parce que ces organismes aquatiques aérobies n'utilisent que la silice en dissolution dans l'eau, elles ne peuvent avoir qu'un rôle subordonné dans l'attaque des minéraux par les acides.

Ces résultats confirment les constatations de Máté (12) selon lesquelles il n'est pas nécessaire que le stade à «solontchak» précède la formation d'un «solonetz».

*Fig. 1.* L'effet du pH sur la solubilité de  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  selon Correns.

*Fig. 2.* Les variations du potential-redox dans la rhizosphère du riz (1) et dans la partie sans végétation (2), en 3 cm de profondeur, dans un sol de prairie sans calcaire submergé.

*Fig. 3.* Changements du pH des eaux d'irrigation.

*Fig. 4.* Augmentation du  $\text{SiO}_2$  dissout dans l'eau après la submersion.

*Fig. 5.* Le limon réduit est couvert par une couche de limon oxydé d'une épaisseur de 1–2 mm.

*Fig. 6.* Expérience-modèle pour l'étude de la réduction des sulfates. En haut sol à alcalis calcique, en bas sol à alcalis acide, entre les deux du coton en fermentation.

*Fig. 7.* Changement du pH dans la zone à sulfures pendant la mutation anaérobie-aérobie.

*Fig. 8.* Sols desséchés avec de l'eau d'irrigation (à gauche) et sans cette eau (à droite). La couleur plus claire est causée par la silice se desséchant.

*Tableau 1.* Changement de la quantité de  $\text{S}^{--}$  dans les rizières, en quatre endroits, pendant la submersion, à 0–25 cm de profondeur.

*Tableau 2.*  $\text{SiO}_2$  soluble en KOH à 5%.

*Tableau 3.* La quantité du phosphore assimilable pendant la submersion (a) et après (b), dans un sol fortement (A) et faiblement (B) réducteur.